Lane Medical Library

Ueber den Einfluss des Nervensystems auf die Säuerung des Muskels nach dem Tode.

1888

INAUGURAL-DISSERTATION

welche

nebst beigefügten Thesen

mit Genehmigung

der medicinischen Facultät der Universität Breslau

zur Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe

Mittwoch, den 14. März 1888, Mittags 12 Uhr,

in der kleinen Aula

öffentlich verteidigen wird

Wilhelm Gross

pract. Arzt.

Opponenten:

Dr. Bernhardt Stranz, prakt. Arzt.

Dr. Ernst Cramer, prakt. Arzt.

BRESLAU,

Buchdruckerei H. Proskauer jr.

Neue Taschenstrasse 30.

Genehmigt zum Druck auf Antrag des Referenten:
Herrn Geh. Medizinal-Rat Prof. Dr. Heidenhain.

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Geheimen Medizinal-Rat

Professor Dr. Rudolf Heidenhain

Director des physiologischen Instituts der Universität Breslau

Ritter hoher Orden p. p.

in dankbarer Verehrung

sowie

Seiner teuren Mutter

in kindlicher Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

vom

Verfasser.

I. Abschnitt.

Einleitendes:

Eine gewisse Analogie zwischen dem Nysten'schen Gesetz über die Verbreitung der Todtenstarre auf die verschiedenen Muskelbezirke des Körpers und dem Ritter-Valli'schen Gesetz über das Absterben des Nervensystems mag wohl dem Gedanken seine Entstehung gegeben haben: es möchte zwischen diesen beiden Gesetzen ein causaler Zusammenhang bestehen, oder mit anderen Worten: es möchten vielleicht die postmortalen Umsetzungen im Muskel, welche die Todtenstarre herbeiführen, durch die Vorgänge des Absterbens im Nervensystem beeinflusst werden.

Schon im Jahre 1857 machte Brown-Séquard*) die Entdeckung, dass bei Tieren, denen er 8—10 Tage vor dem Tode den nervus ischiadicus auf einer Seite durchschnitt, die gelähmte Extremität später erstarrte als die intacte. Indessen beweist dies Factum noch nicht einen unmittelbaren Einfluss des Nervensystems auf die Todtenstarre, da ein 8—10 Tage andauernder Lähmungszustand während des Lebens durch veränderte Ernährungsbedingungen

*) Gaz. méd. d. Paris 1857 p. 661. citiert nach A. v. Eiselsberg. Pflügers Archiv. Band XXIV. pag. 229.

in den gelähmten Muskeln innere Veränderungen hervorzurufen im Stande ist, welche möglicher Weise die Erstarrung hintanhalten. Um also eine etwaige, directe Beeinflussung der Todtenstarre von Seiten des Nervensystems zu beweisen, musste die Neurotomie entweder kurz vor oder kurz nach dem Tode des betr. Tieres gemacht werden. So wurde auch von mehreren Experimentatoren vorgegangen bei all' den folgenden experimentellen Arbeiten, die sich die Lösung dieser Frage zum Gegenstand gemacht hatten, und welche sich sowohl der Zeit ihrer Entstehung als auch der verschiedenen Richtung nach, die sie verfolgten, in zwei Gruppen teilen. Die eine behandelt den Einfluss des centralen, die andere einen solchen des peripheren Nervensystems auf die Todtenstarre.

Auf letzteren bezieht sich eine schon im Jahre 1860 v. H. Munk*) (Berlin) veröffentlichte kurze Notiz des Inhalts, „dass der Muskel, wenn sein Nerv abgetrennt worden ist, später abstirbt, als wenn ein mehr oder weniger langes Stück des Nerven in natürlicher Verbindung mit ihm geblieben ist.“ Dieses zu dem Nysten'schen und Ritter-Valli'schen Gesetz in einem gewissen Widerspruch stehende Resultat seiner Versuche konnte sich Munk damals nicht genügend erklären und behielt sich infolgedessen eine detailliertere Schilderung seines Versuchsverfahrens vor, bis er diesen Widerspruch würde aufklären können. —

Als L. Hermann (Zürich) mehrere Jahre darauf (1878) seine „allgemeine Muskelphysik“ verfasste, nahm er Gelegenheit, diese Angabe Munk's durch seine Schüler Bleuler u. Lehmann**) auf ihre Richtigkeit hin prüfen zu lassen. Dieselben machten 12 Versuche an Fröschen, denen auf der

*) Allgem. medicin. Centralzeitung 1860 Nr. 8.

**) Pflügers Archiv Band XX pag. 364.

einen Seite der nervus ischiadicus hoch oben am Austritt aus dem Rückenmark, auf der anderen in der Kniekehle durchschnitten wurde. Von den auf diese Weise präparierten Fröschen brachten sie die Hinterextremitäten mit einem anhängenden Stück Wirbelsäule bei Zimmertemperatur teils enthäutet, teils mit der Haut unter eine feuchte Glocke und prüften täglich mehrere Male mit dem Inductionsstrom, welche Muskeln zuerst ihre Erregbarkeit verlören. Sie erhielten zwischen den gleichnamigen Muskeln beider Extremitäten Unterschiede in der Absterbezeit bis zu 2 Tagen, ohne dass sich jedoch eine Constanz zu Gunsten des einen oder des anderen Beines herausstellte. Nur 2 Mal verloren die in Frage stehenden Muskeln beider Extremitäten zu gleicher Zeit ihre Erregbarkeit; bei den übrigen 10 Versuchen zeigte sich eben so oft früherer Erregbarkeitsverlust des Muskels ohne Nerv als des Muskels mit Nerv. Die Enthäutung hatte nur einen um mehrere Tage früher eintretenden Erregbarkeitsverlust zur Folge.

Dem Resultate dieser Versuche entsprechend, schloss Hermann*) in seiner „allgemeinen Muskelphysik“ das Capitel über die Beziehungen des Nervensystems zur Todtenstarre, wie folgt: „So ist denn also anzunehmen, dass der Nerv die spontane Muskelstarre nur beschleunigen kann, um so mehr, je näher der Ausgangspunkt des Nervenabsterbens, sei es Centrum, sei es künstlicher Querschnitt, liegt . . . Indessen liegt eine geradezu entgegengesetzte Angabe von H. Munk vor, nach welchem ein Muskel um so später abstirbt, je kürzer das ihm gelassene Nervenstück ist . . . Die HH. Bleuler u. Lehmann haben im Herbst und Winter 1878 die Munk'sche Angabe in meinem Laboratorium geprüft, konnten

*) Hermanns Handbuch der Physiologie 1879. Bd. 1 pag. 153.

aber überhaupt keinen regelmässigen Einfluss des Nerven weder in der einen noch in der anderen Richtung constatieren."

Dies veranlasste Munk*) im Jahre 1880 eine ausführliche Schilderung seiner Versuchsbedingungen, eine Klarstellung seiner Behauptung vom Jahre 1860 und eine Erklärung für die letztere zu geben. Er bediente sich bei seinen Versuchen der mit Reizdrähten verbundenen Gascylinder, welche Georg von Liebich bei seinen Versuchen über die Muskelatmung anwandte. Das Princip derselben bestand darin, die an dem untersten, von aller Muskulatur gesäuberten Femurende hängenden und mit dem eigenen Fuss oder einem Stück Telegraphendraht belasteten Gastrocnemii eines Frosches isolirt unter gleichen Bedingungen in Cylindern gleicher Capacität so unterzubringen, dass die Zehen des Fusses resp. das Ende des Telegraphendrahtes in Quecksilber tauchten, welches die untere Oeffnung des Cylinders verschloss, während die obere Oeffnung luftdicht durch einen Korken verschlossen war. Dieser Korken war durchbohrt von einem Messingdraht, der mit seinem hakenförmig umgebogenen Ende durch das Femurstück gestossen war, welches den Gastrocnemius trug, mit seinem anderen, ausserhalb des Cylinders befindlichen Ende aber in Verbindung stand mit dem einen Ende der secundären Spirale eines Dubois'schen Schlitteninductionsapparates. Das andere Ende der secundären Spirale war verbunden mit dem das Lumen des II. Cylinders verschliessenden Quecksilber, während das Quecksilher des I. Cylinders mit dem Aufhängedraht des im II. Cylinder internirten Muskels für sich durch einen metallischen Leiter ver-

*) Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiologische Abtheilung. Jahrgang 1880. pag. 169.

bunden war. Auf diese Weise ging der prüfende elektrische Strom durch beide Muskeln in gleicher Richtung und hatte in beiden die gleiche Dichte. Mit dem einen Muskel war der nervus ischiadicus bis zur Abgangsstelle der Oberschenkeläste oder bis zum Austritt aus dem Rückenmark in natürlicher Verbindung, während der Nerv des anderen Muskels in der Kniekehle durchschnitten war. Die Nerven waren innerhalb der Cylinder in eigens für sie bestimmten, feucht gehaltenen Glasröhren untergebracht oder lagen frei auf Bälkchen von Guttapercha immer so, dass eine Berührung des Muskels durch den Nerven, und somit jede freiwillige Zuckung vermieden wurde. Die Innenseiten der Gascylinder waren durch feuchtes Fliesspapier ausgekleidet, so dass die normale Feuchtigkeit von Muskel und Nerv sich 3 bis 4 Tage in der Vorrichtung erhielt. Die Gase, welche den Cylindern von aussen zugeführt werden konnten, wurden $^1/_4 - 1$ Stunde in feuchtem Strome durch dieselben hindurchgeleitet und waren zum grossen Teil atmosphärische Luft, zum geringeren Teil Kohlensäure und Wasserstoffgas. Diese Vorrichtung fand bei einigen Versuchen kleine, unwesentliche Abänderungen auf die ich hier nicht näher eingehen will. Zur Prüfung der Erregbarkeit bediente sich Munk, wie schon erwähnt, eines Schlitteninductoriums, in dessen primärem Kreise ein Daniell'sches Element eingeschaltet war. Als notorisch starr galt der Muskel, welcher auf den Oeffnungsschlag bei sich vollständig deckenden Rollen reactionslos blieb, da „dann auf keine andere Weise mehr eine Zuckung erzielt werden konnte." Die Intervalle zwischen den einzelnen Prüfungen wurden möglichst gross, die Zahl derselben möglichst klein gewählt, weil die häufige Application von Reizen nicht allein die Muskeln in un-

nützer Weise ermüdete, sondern auch durch die allmählich auftretende Verschiedenheit der Effecte verschieden ermüdete. Die erste Reizung wurde gewöhnlich erst dann vorgenommen, wenn bei der betreffenden Temperatur erfahrungsgemäss der baldige Tod des einen Muskels zu erwarten stand. Die Temperatur war verschieden, bei Sommerfröschen höher, bei Winterfröschen niedriger. Von 40 auf diese Weise angestellten Versuchen verlor bei 37 derjenige Muskel, dessen Nerv in der Kniekehle durchschnitten war, viel später seine Erregbarkeit als der, dessen Nerv in mehr oder weniger grosser Länge erhalten war. Nur bei 3 war es umgekehrt. Bei 19 der Versuche mit positivem Resultat konnte der bei weitem frühere Eintritt des totalen Erregbarkeitsverlustes unmittelbar beobachtet werden, während bei den anderen 18 die Intervention der Nacht dies verhinderte. Bei diesen aber ergab die letzte Prüfung eine so grosse Verschiedenheit in der Reaction auf denselben Reiz, dass auch hierbei das frühere Absterben des oder des Muskels mit Sicherheit vorausgesagt werden konnte.

Nachdem Munk auf diese Weise Versuchsverfahren und Versuchsergebnis geschildert hat, sagt er: Wenn man angesichts dieses durchaus positiven Resultates noch in Betracht zöge seine experimentell begründete Erfahrung, dass die gleichnamigen Muskeln eines Tieres in Bezug auf ihre Lebensfähigkeit in zwei Dritteln der Fälle nicht aequivalent wären, und die dadurch gegebene Möglichkeit, mehr negative Resultate zu erhalten, als er in Wirklichkeit erhalten hat, so sei er gewiss zu der Behauptung berechtigt, „dass der Muskel, wenn sein Nerv abgetrennt worden ist, später absterbe, als wenn ein mehr oder weniger langes Stück des Nerven in

natürlicher Verbindung mit ihm geblieben ist!“ Aber nur so und nicht anders hätte er seinen Erfahrungssatz formulirt. Einen Einfluss der Länge der Nerven auf das Absterben der Muskeln, wie er in der Hermann'schen Fassung ausgesprochen sei, „dass ein Muskel um so später absterbe, je kürzer das ihm gelassene Nervenstück sei“, schliesse seine Behauptung ebenso vollständig wie absichtlich aus; denn schon zur selben Zeit (1860) von ihm angestellte Versuche der Art, dass mit dem betreffenden Muskel der einen Seite ein Drittel des Nerven, mit dem der andern Seite der ganze oder die halbe Länge des Nerven in Verbindung stand, hätten dasselbe Resultat wie die Vergleichung zweier vom Nerven vollständig isolirten Gastrocnemii gegeben. — Am Schlusse seiner Abhandlung glaubt Munk auch den Widerspruch, der scheinbar zwischen seiner Erfahrung einerseits und dem Nysten'schen und Ritter-Valli'schen Gesetz andererseits besteht, und für den er seiner Zeit keine Erklärung hatte finden können, nunmehr auf folgende Weise erklären zu dürfen: „Wie nach den Erfahrungen der letzten Jahre vom Centralnervensystem, unabhängig vom Willen, Erregungen ausgehen, die, durch die motorischen Nerven zu den Muskeln fortgepflanzt, eine Erhöhung des Stoffwechsels in denselben bewirken, ohne dabei eine Contraction auszulösen, ebenso könnte der durch den Nerven gelegte Schnitt, oder, besser gesagt, die durch den Absterbeprocess des Nerven gesetzten, inneren Veränderungen desselben einen analogen Einfluss auf den Stoffumsatz im Muskel ausüben; und je länger der Nerv wäre, — bis zu einer gewissen Grenze — der mit dem Muskel in Verbindung steht, um so länger dauernde und um so stärkere Reize mögen wirksam sein und mit einer

Steigerung des Stoffwechsels ein früheres Absterben des Muskels hervorrufen.“ —

Ich habe mich veranlasst gesehen, auf die Schilderung der Munk'schen Versuchsbedingungen etwas näher einzugehen, weil er selbst dieselben in einen Gegensatz zu den Versuchen der Hermann'schen Schüler stellt, den er für die Differenz der Resultate verantwortlich macht, und weil die nächste Arbeit von Hermann*), die letzte, die eine nochmalige Erörterung der Frage des peripheren Nerveneinflusses auf die Todtenstarre zum Gegenstande hat, sich blos auf eine Besprechung des Für und Wider der verschiedenen Versuchsmethoden beschränkt.

Munk hatte nämlich die Untersuchung, wie sie Bleuler und Lehmann angestellt hatten, als „ungenügend“ bezeichnet. Dem hält Hermann entgegen, dass es gerade empfehlenswert wäre, bei Versuchen, die das Nysten'sche Gesetz angehen, die Muskeln und Nerven in situ zu lassen, von der Haut bedeckt. Dies garantiere den besten Schutz vor allen zufälligen Schädlichkeiten, vor einer allzufrühen Erstarrung und einer Läsion des Nerven. Er erklärt das Resultat der Munk'schen Versuche für falsch, wahrscheinlich hervorgerufen von einer Irritation des Muskels durch die unmittelbare Nachbarschaft des Nerven. —

Noch 6 Versuche wurden im Züricher physiologischen Institut von A. von Eiselsberg**) an Warmblütern zur Lösung dieser Frage angestellt, aber nur nebenbei und mit keinem anderen Erfolge als die von Bleuler und Lehmann. Ich sage „nur nebenbei“; in der That tritt

*) Pflügers Archiv. Band XXII. pag. 37.

**) Pflügers Archiv. Band XXIV. pag. 229.

die Frage des peripheren Nerveneinflusses von nun an in den Hintergrund gegen die Frage, wie sich das centrale Nervensystem zur Todtenstarre stelle, eine Frage, mit welcher sich namentlich die Hermann'sche Schule beschäftigt hat.

Der eben erwähnte A. v. Eiselsberg stellte im Jahre 1880 folgende Versuche an: Warmblütigen, durch Verblutung, Schlag oder Curare getödteten Tieren wurde unmittelbar nach dem Tode der nervus ischiadicus der einen Seite auf seinem Verlaufe im Becken durchschnitten, und der Eintritt der Todtenstarre in den beiden Hinterbeinen so beobachtet, dass in Intervallen von 5 zu 5 Minuten die Beweglichkeit der Gelenke durch sanfte Bewegungen geprüft wurde. Die Leichen der Tiere waren vertical aufgehängt. Es ergab sich nun bei 29 der durch Verblutung oder Schlag getödteten Tiere folgendes Resultat: In 72, 4% der Fälle erstarrte das Bein mit undurchschnittenem Nerven sichtlich früher als das andere, in 20,7% konnte kein Unterschied in der Erstarrungszeit beobachtet werden, und in 6,9% war es gerade umgekehrt, d. h. das Bein mit durchschnittenem Nerven erstarrte früher. Dies führte v. Eiselsberg zu dem Schlusse, dass das centrale Nervensystem den Eintritt der spontanen Muskelstarre beschleunige, eine Consequenz, die durch das negative Resultat bei den mit Curare getödteten Tieren eher ihre Bestätigung als Widerlegung fand, da Curare bekanntlich die intramusculären Nervenendigungen paralysiert und somit einen etwaigen Nerveneinfluss ausschliesst. Von 9 mit Curare angestellten Versuchen zeigte sich nämlich bei 6 kein Unterschied in der Erstarrungszeit beider Extremitäten; bei den übrigen 3 (Vögeln) erstarrte auch hier das neurotomierte Bein später.

Den beschleunigenden Einfluss des Centralnervensystems auf die Todtenstarre glaubt v. Eiselsberg durch das eigene Absterben der Ganglien hervorgerufen und das Nysten'sche Gesetz, meint er, könne vielleicht darauf beruhen, dass das vom Rückenmark ausgehende, beschleunigende Agens in längeren Nervenstrecken längere Zeit brauche, um sich bis zu den betreffenden Muskeln fortzupflanzen.

Zu seinem solchen Ergebniss konnte A. Tamassia*) bei seinen ähnlich angestellten Versuchen nicht gelangen und leugnete jeden Einfluss des Nervensystems auf die Todtenstarre.

Dieser Widerspruch gab die Veranlassung zu den ausgedehnteren Versuchen v. Gendre's**), die 1883/84 im physiologischen Institut zu Zürich an Fröschen angestellt wurden. Um die bei Kaltblütern relativ spät eintretende Todtenstarre zu beschleunigen, brachte v. Gendre die in einem feucht gehaltenen Glascylinder an einem durch die Kiefer gezogenen Faden vertical aufgehängten Froschleichen in einen Brütofen von 30—35° Celsius, nachdem der nervus ischiadicus der einen Seite hoch oben auf seinem Verlauf im Becken durchschnitten war. In der ersten Reihe seiner Versuche tödtete er die Tiere krampflos durch subcutane Injection einer concentrierten Lösung von Cyankalium. Die Starre trat 3—4 Stunden nach dem Tode ein. Er prüfte die Beweglichkeit der Gelenke und fand, dass in 72, 2 % der Fälle die Hauptgelenke der unversehrten Extremität früher unbeweglich wurden oder zu einer bestimmten Zeit unbeweglicher, starrer waren

*) Dell'influenza del sistema nervoso snll' irrigidimento cadaverico. Rivista sperim. di freniatria etc. 1882., citirt nach A. v. Gendre. Pflügers Archiv. Band XXXV. pag. 45.

**) A. v. Gendre. Pflügers Archiv. Band XXXV. pag. 45.

als die der anderen Extremität. Niemals aber war es umgekehrt. In den übrigen 27,8 % war kein Unterschied in der Erstarrungszeit beider Beine beobachtbar. Ganz anders verhielt sich das Resultat, wenn v. Gendre einen Einfluss des Rückenmarks ausschaltete. Dies that er auf verschiedene Weise. In der einen Reihe seiner Versuche tödtete er die Tiere durch Cyankalium und zerstörte Gehirn und Rückenmark mechanisch, in einer anderen Reihe tödtete er sie nur durch mechanische Zerstörung von Gehirn und Rückenmark, um irgend welche pharmakodynamische Wirkung des Cyankaliums auszuschliessen. In einer dritten Reihe vergiftete er die Tiere durch grosse Dosen Strychnin, von der Erwägung ausgehend, dass ein die Ganglien so heftig irritierendes Gift eine paralytische Erschöpfung bewirken müsse, und in einer vierten Reihe schliesst er einen etwaigen Einfluss des Centralnervensystems durch Vergiftung mit Curare aus, welches durch Lähmung der intramusculären Nervenendigungen den Eintritt einer jeden Erregung in den Muskel hindert. Bei allen diesen Versuchen fand sich in den meisten Fällen kein Unterschied in der Erstarrungszeit beider Extremitäten. —

Auf Grund dieser Versuche gelangt v. Gendre zu demselben Schlusse wie v. Eiselsberg, nämlich dass das Centralnervensystem einen beschleunigenden Einfluss auf den Eintritt der Muskelstarre ausübe. — Diese Schlussfolgerung bestätigten auch einige an Warmblütern (durch Verblutung getödtete, weisse Ratten) angestellte Versuche, wenn auch nicht in so exquisiter Weise als bei Fröschen. — Tamassia*) wieder-

*) Rapporti tra l'azione postuma del sistema nervoso e l'irrigidimento cadaverico. Atti del R. Instituto veneto di scienze, lettere e arti. Tom. III, citiert nach G. Aust. Pflügers Archiv. Band XXXIX. pag. 241.

holte nun seinerseits diese Versuche an Kalt- und Warmblütern und bestreitet wiederum, irgend einen Einfluss des Nervensystems auf die Todtenstarre gesehen zu haben. Die nur „mitunter auftretenden und geringen Differenzen“ in der Erstarrungszeit und Erstarrungsintensität zu Gunsten des einen oder des anderen Beines, die er gefunden hat, beruhen nach seiner Ansicht auf Zufälligkeiten oder individuellen Verschiedenheiten der beiderseitigen Muskeln.

Die letzte Arbeit über diesen Punkt verdankt ihre Entstehung dem Wunsche Hermanns, gegenüber dem consequenten Widerspruche Tamassia's die Frage des Nerveneinflusses auf die Todtenstarre noch einmal einer unbefangenen Prüfung unterzogen zu sehen. Im Jahre 1886 wiederholte Aust*) im physiologischen Institut in Königsberg die Versuche von v. Eiselsberg an warmblütigen Tieren. Bei 13 angestellten Versuchen konnte er 12 Mal eine deutliche Differenz in der Erstarrungszeit zu Gunsten der unversehrten Extremität beobachten. Nur bei einem — mit Curare vergifteten — Tier war kein Unterschied zu bemerken. Die Differenz in der Erstarrung war 15—20 Minuten beobachtbar, wurde nach Verlauf dieser Zeit immer undeutlicher, um mit der ausgebildeten Starre ganz zu verschwinden.

II. Abschnitt.

Eigene Untersuchung:

Das Obige ist in Kurzem alles, was die Erforschung der Frage über einen Einfluss des Nervensystems auf die

*) Pflügers Archiv. G. Aust. Band XXXIX. pag. 241.

Todtenstarre im Laufe der Jahre gezeitigt hat. Ich hielt es für angemessen, eine möglichst knappe und übersichtliche Darstellung dieser Untersuchungen zu geben, bevor ich an die Schilderung meiner Versuche und deren Ergebnis ging. Wie eng der Gegenstand meiner Untersuchungen über einen Einfluss des Nervensystems auf die Säuerung im Muskel nach dem Tode mit der oben besprochenen Frage über einen solchen Einfluss auf die Todtenstarre zusammenhängt, liegt auf der Hand. Denn wie die lebendigen Kräfte, welche bei der Zusammenziehung des Muskels frei werden, nichts anderes bedeuten als den Effect des Stoffwechsels im lebenden Muskel, so ist auch das, was man gemeinhin unter „Todtenstarre“ oder „Muskelstarre“ begreift, nichts anderes als der Ausdruck postmortaler Umsetzungen im absterbenden Muskel. Hat nun das Nervensystem in der That einen Einfluss auf die Todtenstarre, wie er beschrieben ist, beschleunigt es wirklich den Erregbarkeitsverlust und das Starrwerden der Muskeln, jener physikalischen Zeichen der Todtenstarre, so muss sich ein solcher Einfluss auch zeigen bei der „chemischen Todtenstarre“, wenn ich mich, um den Gegensatz zu markieren, dieses Ausdruckes für den postmortalen Stoffumsatz im Muskel bedienen darf. Und umgekehrt, ist ein solcher Einfluss auf den Stoffumsatz, repräsentiert durch die Säurebildung im todtenstarren Muskel, experimentell festgestellt, so ist man gewiss zu der Verallgemeinerung berechtigt, die da sagt: Das Nervensystem beschleunigt die Todtenstarre!

Warum von all' den chemischen Merkmalen derselben die Wahl gerade auf die Säuerung gefallen ist, um an ihr einen Einfluss der eben erwähnten Art und Weise von Seiten des Nervensystems nachzuweisen, erklärt sich aus

der Leichtigkeit, mit welcher man im Stande ist, das allmähliche Auftreten und Fortschreiten der Säurebildung im Muskel nachzuweisen. Indessen alle Methoden des Säurenachweises im Muskel eignen sich nicht für unsere Untersuchungszwecke. Diese Erfahrung habe ich an dem Säurefuchsin machen müssen, welches zuerst Dreser*) angewandt hat, um die Säurebildung im Muskel beim Tetanus nachzuweisen. Das in wässriger Lösung ziemlich intensiv rote Säurefuchsin hat bekanntlich die Eigenschaft, durch alkalisch reagierende Flüssigkeiten entfärbt zu werden und bei Auftreten saurer Reaction seine ursprüngliche Farbe wieder zu erlangen. Diese Eigenschaft des Säurefuchsin benutzte Dreser so, dass er seinen Versuchsfröschen eine experimentell festgestellte Dosis subcutan injicierte, gross genug, dass die Nieren sie nicht vollständig ausscheiden konnten, und wiederum nicht so gross, dass die Alkalescenz der Körpersäfte nicht ausreichte, um das in den Muskeln angehäufte Säurefuchsin zu entfärben. Nun tetanisierte Dreser einen von den beiden Gastrocnemii des Frosches, die bei der richtigen Dosierung beide eine weissgelbliche Farbe zeigten. Die alsbald auftretende, mehr oder minder starke Rotfärbung des tetanisierten Muskels gegenüber der normalen Farbe des anderen bewies natürlich zur Evidenz das Auftreten von Säure beim Tetanus.

Bei meinen Untersuchungen, wo es sich darum handelte, festzustellen, ob unter dem Einfluss des Nervensystems nach dem Tode schneller Säure entwickelt wird als ohne denselben, hatte ich es mit Fröschen zu thun, denen unmittelbar vor ihrer Tödtung durch Decapitation der nervus ischiadicus einer Seite auf seinem Verlauf im

*) Dreser: Centralblatt für Physiologie.

Becken durchschnitten war, und welche sonst ebenso wie Dresers Versuchstiere mit subcutanen Injectionen einer Menge von Säurefuchsin behandelt waren, wie sie gerade nötig ist, um den eben geschilderten Tetanusversuch gelingen zu machen. Ich erwartete, dass die beiden Gastrocnemii bei ihrer Erstarrung, die übrigens nach dem Vorgange v. Gendre's durch Erwärmung im Brütofen beschleunigt wurde, eventuell durch verschieden starke Säureentwicklung Verschiedenheiten in der Intensität der Rotfärbung zeigen würden. Indessen die Anhäufung des Fuchsin in den verschiedenen Muskeln des Beines unterliegt grossen Schwankungen; zu den Schwankungen der Resorption kommen noch solche in der Secretion durch die Nieren, so dass die Methode als viel zu compliciert nicht gut anwendbar war.

Infolgedessen empfahl mir Herr Geheimrat Heidenhain ein anderes Reagens, das Lakmus zu diesem Zwecke zu benutzen. Bei der Anwendung desselben habe ich mich derselben Methode der Säurebestimmung bedient, an der Hand deren er*) im Jahre 1864 den Nachweis geführt hat, dass der Stoffumsatz im thätigen Muskel steigt und fällt mit der Summe der bei der Thätigkeit in die Erscheinung tretenden, lebendigen Kräfte. Als Mass des Stoffumsatzes galt eben die Säurebildung im thätigen Muskel.

Das colorimetrische Prinzip, das unserer Methode zu Grunde liegt und auf der sattsam bekannten Reaction einer blauen Lakmuslösung auf Säure beruht, giebt dem Ziel unserer Untersuchung die Gestaltung zu folgender Frage: Welcher Muskel von den beiden Gastrocnemii

*) Heidenhain: Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. Breslau. 1864.

eines Frosches verfärbt zu einer bestimmten Zeit nach dem Tode durch die sich bei seiner Erstarrung in ihm entwickelnde Säure die blaue Lakmuslösung im bekannten Sinne stärker, sei es, dass er blos die Intensität des Blau abschwächt, sei es, dass er das ursprüngliche Blau ins Blaurot oder Rot überführt — derjenige, welcher durch seinen unverletzten Nerven mit dem Centralnervensystem in natürlicher Verbindung steht, oder derjenige, dessen Verbindung mit dem Rückenmark abgeschnitten ist?

Da ein mechanisches Auspressen des Muskels nicht ausreicht, alle in ihm aufgespeicherte Säure aus ihm zu gewinnen, so durfte das Reagens keine rein wässrige Lösung darstellen, sondern eine solche, die die Parenchymsäfte des Muskels möglichst extrahiert. Dazu eignet sich am besten eine concentrierte Kochsalzlösung vermöge der starken Diffusion zwischen ihr und dem Inhalt der Muskelprimitivbündel. Es wurde also eine concentrierte Lösung von chemisch reinem Kochsalz mit Lakmus so lange oder vielmehr so blau gefärbt, bis eine für den Zweck unserer Untersuchung geeignete Farbennuance entstand. Als Kriterium dafür, ob die Extractionsflüssigkeit die geeignete Färbung hatte, galt das Gelingen beziehungsweise Nichtgelingen des bekannten, vorhin schon erwähnten Tetanusversuches. Sobald sich eine ausreichende Farbendifferenz zwischen den Muskelauszügen des tetanisierten und nicht tetanisirten Gastrocnemius eines Frosches zeigte, so galt die Lakmus-Kochsalzlösung als auch für die Zwecke unserer Untersuchung geeignet. Natürlich wurde die so bereitete Flüssigkeit vor dem Gebrauch erst filtriert und so von allen zufälligen Verunreinigungen und dem überschüssigen Kochsalz befreit. —

Die Präparation der Frösche ging so vor sich, dass

dem auf das Brett gebundenen Frosch zuerst die drei Wurzeln des nervus ischiadicus einer Seite im Becken durchschnitten wurden. Um den hierbei bei den sehr erregbaren Winterfröschen leicht auftretenden Tetanus und die mit ihm gegebene Fehlerquelle zu vermeiden, da ja doch beim Tetanus Säure gebildet wird, mussten die aus dem Keller kommenden Versuchstiere einige Tage im warmen Zimmer gehalten werden, ehe sie zur Verwendung kamen. Wenn also der nervus ischiadicus einer Seite durchschnitten war, wurde der Frosch durch Decapitation getödtet und durch Ausschneiden des Herzens entblutet. Die auf diese Weise präparierte Froschleiche wurde dann in einem mit Deckel versehenen und mit feuchtem Fliesspapier austapezierten Glascylinder bei der jedesmaligen Zimmertemperatur bis zur Vornahme der chemischen Untersuchung stehen gelassen. Indessen die Inconstanz der Zimmertemperatur, die zumal im Winter, wo die Versuche angestellt wurden, noch grösser ist als sonst, erwies sich als sehr störend für das Zustandekommen einer Einheitlichkeit in den Versuchsergebnissen, und so fand diese Vorrichtung für die Aufbewahrung der Froschleichen bis zur weiteren chemischen Untersuchung eine Abänderung in der Anwendung eines sogenannten Wärmekastens, dessen Temperatur durch einen Regulator auf constanter Höhe erhalten wurde.

Die chemische Untersuchung wurde in verschiedenen Perioden nach dem Tode auf folgende Weise vorgenommen: Um die etwaige Differenz der Säuremenge zu ermitteln, welche die beiden Gastrocnemii eines auf die oben beschriebene Weise getödteten und einseitig neurotomierten Frosches zu einer bestimmten Zeit nach dem Tode entwickelt hatten, wurden die mit einer Scheere mehrfach

angeschnittenen Muskeln in einer kleinen Porzellanreibschale mit Hülfe eines Pistills zwei Mal hinter einander mit je 2 Cbcm. der beschriebenen Lakmusflüssigkeit sorgfältig und beiderseits mit gleicher Kraft ausgepresst. Mit weiteren 2 Cbcm. wurde die Reibschale noch einmal nachgespült, um den an dieser und dem Pistill haftenden letzten Rest der Säure nicht zu verlieren. Die auf diese Weise gewonnenen 6 Cbcm. der beiderseitigen Muskelauszüge wurden in Reagensgläsern gleicher Weite bezüglich ihrer Farbe verglichen. Um Differenzen der beiden Extracte eventuell schärfer hervortreten zu lassen, war die Rückwand des die Reagensgläser enthaltenden Gestelles mit weissem Seidenpapier bedeckt, und das Gestell selbst an einem Fenster aufgestellt. Die zur Beobachtung kommenden Farbenunterschiede waren der Art, dass in einem Falle das eine Extract röter war als das andere, in dem anderen so, dass das eine weniger von dem ursprünglichen Blau der zur Extraction benutzten Lakmus-Kochsalzlösung abwich als das andere. In vielen Fällen war der Farbenunterschied auf einige Schritt Distance deutlich sichtbar. War er aber nur gering, was namentlich vorkam, wenn die Säuerung auf beiden Seiten noch unbedeutend war, so entschied mein Urteil nicht allein, sondern blos die Übereinstimmung mehrerer Beobachter war ausschlaggebend. Auch hierin stand mir das Urteil von Herrn Geheimrat Heidenhain stets in liebenswürdigster Weise zur Seite. Wenn ich einen Unterschied zu sehen glaubte, den andere nicht sahen, so war das Urteil der letzteren bestimmend. — Dass bei der chemischen Untersuchung die peinlichste Sauberkeit beobachtet werden musste, leuchtet ein, wenn man bedenkt, wie leicht eine Spur an den zur Verwendung kommenden Utensilien

haftender Säure oder Alkali's zu groben Täuschungen Veranlassung geben kann.

Von dieser Versuchsanordnung wurde bis auf die schon erwähnte Einführung des Wärmekastens nicht wesentlich abgewichen, höchstens dass bei kleinen Fröschen anstatt 6 Cbcm. der Lakmusflüssigkeit nur 4 Cbcm. zur Extraction verwandt wurden. Mitunter, wenn auch seltener, namentlich bei sehr grossen Fröschen, waren 8 Cbcm. nötig, um alle im Muskel vorhandene Säure zu extrahieren. Bei dieser Gelegenheit will ich gleich erwähnen, dass grössere Frösche sich besser zu den Versuchen eignen, da die Differenz der Extracte viel deutlicher in die Erscheinung tritt, was sich ja auch sehr leicht erklären lässt.

Vor der chemischen Untersuchung wurde in den meisten Fällen auch die Beweglichkeit der Gelenke und die Erregbarkeit der Muskeln geprüft. Zur Prüfung der letzteren bediente ich mich eines Dubois'schen Schlitten-Inductionsapparates. Die Anordnung bei der elektrischen Prüfung war so, dass der prüfende Strom in beiden Muskeln gleiche Richtung und gleiche Dichte hatte. Häufig war es auch von Interesse, die Erregbarkeit der beiderseitigen Nerven zu prüfen.

Ich muss noch hinzufügen, dass die Frösche in den allermeisten Fällen nach der Tödtung nicht enthäutet wurden. Nur einige wenige Male veranlasste uns die Erwägung, dass die alkalisch reagierende Lymphe die sich im erstarrenden Muskel entwickelnde Säure zum Teil neutralisieren könnte, zu der Enthäutung der Hinterextremitäten, die dann in feuchten Reagensgläsern vor Vertrocknung geschützt wurden. Indessen die Enthäutung hat den nicht geringen Nachteil, dass sicherlich ein Teil der Kohlensäure, die ja zusammen mit der Milchsäure

die saure Reaction des todtenstarren Muskels bedingt, durch Aërodiffusion verloren geht. Dafür sprach auch der Umstand, dass bei diesen Versuchen die Säuerung beiderseits sehr gering war. Ein zweiter Nachteil der Enthäutung liegt in der Beschleunigung der Säurenentwicklung, wodurch der Nerveneinfluss weniger deutlich in die Erscheinung treten kann. Übrigens war die Besorgnis einer Neutralisation der Muskelsäure durch die alkalische Lymphe der zwischen Haut und Muskel befindlichen Lymphsäcke unnötig, da die Winterfrösche so wenig gefüllte Lymphsäcke haben, dass eine auch nur einigermassen wirksame Beeinflussung nicht gut möglich ist. Das zeigte sich auch daran, dass ein Einschnitt in die Haut der Wade behufs Ableitung der Lymphe sich als bedeutungslos für das Resultat der Versuche erwies. Soviel von dem Versuchsverfahren! — Es ist klar, dass unsere oben beschriebene Methode, an der Hand der Säureentwicklung im erstarrenden Muskel einen etwaigen Einfluss des Nervensystems auf die Todtenstarre nachzuweisen, vor der Methode der Hermann'schen Schüler, denen das durch die Muskelstarre bewirkte Steifwerden der Gelenke als Kriterium galt, den Vorzug hat, den eben eine chemische Untersuchung vor der rein mechanischen hat, nämlich den der grösseren Feinheit und Sicherheit. Es ist durchaus nicht unwesentlich, — und das war wohl auch mit bestimmend für die Wahl der Methode —, dass wir mit derselben im Stande sind, die Erstarrung im Bilde der Säuerung sich vor unseren Augen allmählich entwickeln zu sehen, während die Prüfung der Gelenkbeweglichkeit uns nur die mehr oder minder ausgesprochen vollendete Erstarrung constatieren lässt.

Gleichwohl, das Ergebnis meiner Untersuchungen bestätigt das der Hermann'schen Schüler voll und ganz. Von 44 im October und November 1887 auf die vorhin beschriebene Weise angestellten Versuchen erhielt ich folgendes nach der Untersuchungszeit, d. h. der Zeit welche zwischen Tödtung und chemischer Untersuchung lag, übersichtlich geordnetes Resultat:

Der Muskel mit undurchschnittenem Nerven war saurer.	Keine Farbendifferenz zwischen beiden Extracten.	Der Muskel mit durchschnittenen Nerven war saurer.	Zahl der Versuche.	Untersuchungszeit d. h. die Zeit welche zwischen Tödtung u. Untersuchung lag.
=	1	=	1	1-5 Std. post mortem
3	3	=	6	11-15 „
10	2	=	12	16-20 „
9	2	=	11	21-25 „
6	3	2	11	26-30 „
=	=	1	1	41-45 „
=	=	2	2	46-50 „
28 od. 63,63%	11	5	44	Summa

Aus dieser Tabelle ersehen wir zunächst, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle (63,63%) das Nervensystem die Säuerung im Muskel beschleunigt hat. Aber auch das ist bei näherer Betrachtung ersichtlich, dass dieser beschleunigende Einfluss bezüglich seiner Frequenz in allen zur Beobachtung gekommenen Fällen zur Beobachtungszeit in einem Verhältnis steht, das sich graphisch durch eine Curve darstellen liesse; d. h. der Einfluss des Nervensystems tritt allmählich mehr und mehr in demselben Verhältnis in die Erscheinung, als — natürlich gleiche Temperatur in allen Fällen vorausgesetzt — die Zeit.

welche zwischen Tödtung und Untersuchung liegt, bis zu einer gewissen Grenze wächst, wo er das Maximum erreicht, d. i. in unserem Falle nach Verlauf von 16—25 Stunden. Mit weiter zunehmender Zeitdauer sinkt der Einfluss allmählich, bis er zu einem bestimmten Zeitpunkt, hier in unserer Tabelle nach ca. 30—40 Stunden, gleich Null wird, um bei noch weiterem Warten mit der Beobachtung sogar, wenn ich das mathematische Bild der Curve festhalte, negativ zu werden; d. h. er äussert sich in umgekehrtem Sinne: der von seiner Verbindung mit dem centralen Nervensystem losgelöste Muskel ist saurer als der unter dem Nerveneinfluss gebliebene Muskel. Hier zeigt sich nun der vorhin bereits erwähnte Vorzug unserer Methode in der Ermöglichung, eine ungezwungene Erklärung für die Minderzahl der vom Hauptresultat in ganz gesetzmässiger Weise abweichenden Resultate zu geben. Wir finden in unseren Versuchsprotokollen derjenigen Fälle, die nach Verlauf von 1—15 Stunden keine Farbendifferenz der Extracte, also keinen Nerveneinfluss aufwiesen, dass die Säuerung auf beiden Seiten eine ganz minimale geblieben ist; denn „das Blau der zur Extraction benutzten Lakmusflüssigkeit ist kaum verändert worden.“ Also die Temperatur, der die Tiere nach der Tödtung ausgesetzt waren, war für die Zeit der Untersuchung zu niedrig, um einen chemischen Process wie die Säuerung so weit anzuregen, dass er unserem Auge sichtbar wird. Ganz anders verhält es sich mit den Fällen, die nach Verlauf von 26—30 Stunden keine Farbendifferenz zeigten. Hier besagt das Protokoll: „Sehr starke Säuerung beiderseits, kenntlich durch die starke Rotfärbung der Untersuchungsflüssigkeit.“ Auch das ist gesetzlich zu erklären durch folgende Erwägung: Nach dem

Nysten'schen Gesetz tritt in denjenigen Muskeln zuerst die Lösung der Todtenstarre ein, die zuerst starr geworden waren. Die Lösung wird bekanntlich durch die Fäulnis bewirkt, welche durch die ihr eigentümliche ammoniakalische Reaction die während der Erstarrung entwickelte Säure neutralisiert. Daher wird derjenige von zwei Muskeln, der, unter welchem Einfluss auch immer, sein säurebildendes Material zuerst umgesetzt hat, die Säure auch zuerst verlieren. Während der zuerst erstarrende Muskel, nachdem er auf dem Maximum der Säurebildung angekommen ist, seine Säure allmählich durch Neutralisation verliert, producirt der später erstarrende Muskel noch immer seine Säure und gelangt schliesslich erst zu seinem Maximum, wenn der andere schon einen Teil seiner Säure verloren hat. Wenn also in der ersten Serie von Fällen, die vom Hauptresultat abwichen, die chemische Untersuchung mit Rücksicht auf die obwaltende Temperatur verfrüht war, so ist in dieser Reihe der Fälle die Zeit zwischen Tödtung und Untersuchung im Verhältniss zur Temperatur zu lang gewesen, als dass der in Rede stehende Nerveneinfluss hätte in die Erscheinung treten können. Auf dieselbe Weise erklärt sich auch das nach 41—50 Stunden umgekehrte Verhalten der Muskeln. Wir finden in unserem, diese Fälle betreffenden Protokoll: „Die linke Extremität ist neurotomiert. Sehr starke Säuerung des linken Muskelauszuges, weniger starke, aber auch noch ziemlich beträchtliche Säuerung des rechten Extractes. Das Tier entwickelt Fäulnisgeruch." — Natürlich, der seine Säure durch Neutralisation einbüssende Muskel wird von dem noch immer säureproducierenden in Bezug auf die Rotfärbung seines Extractes nicht allein eingeholt, sondern auch überholt! Wir haben es also

hier mit Ausnahmen zu thun, von denen man gewiss mit Recht sagen darf: firmant regulam!“

Nach dieser theoretischen Erörterung, zu der die praktischen Erfahrungen des Experiments in vollem Einklang stehen, wären wir also im Stande, den Procentsatz der Fälle, die einen beschleunigenden Einfluss des Nervensystems auf die postmortale Säuerung im Muskel erweisen, erheblich zu vergrössern, ja die abweichenden Resultate auf eine verschwindende Minorität zu reduciren. Bei unseren Versuchen kommt noch hinzu, dass auf die Anzahl der Fälle mit positivem Ergebnis ausser kleinen Versehen, bei der Präparation, auf die ich später noch zurückkomme, die Inconstanz der Temperatur in viel höherem Grade beeinträchtigend wirkte, der die Leichen der Versuchstiere in dieser ersten Versuchsreihe ausgesetzt waren. Dieser Uebelstand veranlasste, wie schon bei der Beschreibung des Versuchsverfahrens erwähnt wurde, die Anwendung des Wärmekastens.

Ich erhielt bei der zweiten Reihe meiner im December vorigen Jahres angestellten Versuche, bei deren Mehrzahl das störende Moment der inconstanten Zimmertemperatur in Wegfall kam, folgendes Resultat, das in der That positiver ist als das der ersten Versuchsreihe, d. h. die Erscheinung des Nerveneinflusses noch mehr ausser Frage stellt: Von 38 Versuchen, die diese II. Serie umfasste, war:

Der Muskel mit undurchschnittenem Nerven saurer.	Kein Unterschied in der Reaction beider Muskelextracte.	Der Muskel mit durchschnittenem Nerven saurer.
bei 29 oder 76,32 %	bei 5 oder 13,16 %	bei 4 oder 10,52 %

Gesammtresultat aller 82 Versuche:

bei 57 oder 70 %	bei 16 oder 20 %	bei 9 oder 10 %

Dieses Resultat gestaltet sich noch günstiger für die Annahme eines die postmortale Säuerung im Muskel beschleunigenden Nerveneinflusses durch folgende Mitteilung aus meinen Protocollen: In 6 von den Versuchen, die zum Teil keine Farbendifferenz der Extracte, zum Teil einen Unterschied gerade zu Gunsten der neurotomierten Extremität zeigten, war das Versehen bei der Präparation begangen worden, dass nicht alle 3 Wurzeln des plexus ischiadicus durchschnitten worden waren. Von 5 anderen Fällen mit von dem Hauptresultat abweichenden Ergebnis halte ich es zur richtigen Würdigung desselben für angemessen, die Protocolle selbst in aller Kürze mitzuteilen:

Versuch Nr. 41. 23. X. 87. Rana esculenta. Chemische Untersuchung 40 Std. nach der Tödtung. Erregbarkeit der Nerven beiderseits erloschen. Directe Erregbarkeit der Muskeln beiderseits noch vorhanden. Säuerung auf beiden Seiten gering. Kein Unterschied in der Farbe beider Extracte.

NB. Durch ein Versehen war der das Froschpräparat enthaltende Behälter in den kalten Flur gestellt worden.

Versuch Nr. 46. 7. XII. 87. Rana esculenta, macht den Eindruck eines nicht normalen Tieres, reagiert nur ganz schwach auf starke sensible Reize, macht keine Abwehrbewegungen, wenn man ihn in die Hand nimmt. Beim Ausschneiden des Herzens fliesst auffallend wenig Blut. Befund 24 Std. post mortem: Starke Säuerung beider Extracte, kein Unterschied zwischen beiden in der Säuerung.

NB. Die äusserste Wurzel des plexus ischiadicus war nicht durchschnitten.

Nr. 56. 15. XII. 87. Rana esculenta. Befund 41 Std. post mortem Sehr starke Säuerung beider Extracte, kein Unterschied zwischen beiden in der Säuerung. Erregbarkeit der Nerven und directe Erregbarkeit beiderseits erloschen.

NB. Durch ein Versehen war das Präparat an den warmen Ofen gestellt worden.

Nr. 58. 16. XII. 87. Rana esculenta. Befund 43 Std. post mortem: Die Kniegelenke beiderseits noch vollständig und gleich beweglich. Die Erregbarkeit der Nerven ist auf beiden Seiten erloschen. Die Extracte zeigen keinen Unterschied in der Säuerung. Diese selbst ist auffallend gering.

NB. Durch ein Versehen hat das Präparat in einem ungeheizten Zimmer gestanden.

Nr. 76. 4. I. 88. Rana esculenta. Temperatur des Wärmekastens: 30° Celsius. Die Neurotomie ist links gemacht. Befund 16½ Stunden post mortem: Linkes Kniegelenk vollständig unbeweglich, das rechte zeigt eine ausserordentlich ausgiebige Beweglichkeit. Oberschenkelmuskulatur beiderseits in gleicher Weise weisslich verfärbt und trüb, links von derberer Consistenz als rechts. Die Erregbarkeit der Nerven und die directe Erregbarkeit auf beiden Seiten erloschen. Das Extract des linken Beines ist saurer als das des rechten. Beide Extracte von hochgradiger Säuerung.

NB. Ein Zwischenfall hinderte mich, die chemische Untersuchung früher*) vorzunehmen.

---

*) Bei der relativ hohen Temperatur des Wärmekastens wurde nämlich die chemische Untersuchung sonst 4—5 Stunden nach der Tödtung vorgenommen. —

Also in 11 Fällen haben Zufälligkeiten mitgespielt, welche höchst wahrscheinlich die Schuld an dem von der Majorität abweichenden Resultate tragen. Ich bin überzeugt, dass das Centralnervensystem die postmortale Säuerung im Muskel beschleunigt, da ich überzeugt bin, dass man bei der Wiederholung meiner Versuche zu einem Resultat gelangen würde, das, noch positiver als das meinige, die Berechtigung dieser Ueberzeugung beweist, wenn man nur dem modificierenden Einfluss Rechnung tragen würde, den das Verhältnis der Untersuchungszeit zur Temperatur, der die Tiere nach der Tödtung ausgesetzt werden, auf das Ergebnis hat. Nach den Erfahrungen, die ich bei meinen Versuchen gewonnen habe, würde man vielleicht am ehesten zu diesem Ziele gelangen, wenn man sich mit Hülfe eines Wärmekastens einer constanten Temperatur von 24—25° Celsius bedienen und in einem Zeitintervall von 16—25 Stunden nach der Tödtung die chemische Untersuchung vornehmen wollte. —

Ich habe auch neben der Säuerung nach dem Vorgange der Hermann'schen Schüler die Beweglichkeit beider Kniegelenke und die directe Erregbarkeit der beiden Gastrocnemii verglichen. Da dies aber nur nebenbei geschah, weil mein Hauptinteresse sich auf die Säuerung im Muskel concentrierte, deren Untersuchung den schon geschilderten Vorzug hatte, mir einen grösseren Spielraum für die Beobachtung zu gewähren, so waren natürlich die Versuchsbedingungen häufig nicht so, wie sie hätten sein müssen, wenn von dem Steifwerden der Gelenke oder dem Erregbarkeitsverlust der Muskeln die Entscheidung der schwebenden Frage in erster Reihe hätte abhängig gemacht werden sollen. Trotz der Ungunst der Verhältnisse für diese beiden Kriterien habe ich die Beob-

achtung gemacht, dass sich in den meisten Fällen — allerdings nicht so häufig wie bei der Säurebestimmung — sowohl Differenzen in der beiderseitigen Gelenkbeweglichkeit als auch in der directen Muskelerregbarkeit herausstellten, die für einen Einfluss des Nervensystems sprachen, wie er von den Hermann'schen Schülern behauptet wurde. Aber noch weit häufiger fiel mir auf, dass die Oberschenkelmuskulatur derjenigen Extremität, deren Nerv nicht durchschnitten war, bezüglich ihres Aussehens und ihrer Consistenz sich recht stark von derjenigen der neurotomierten Extremität abhob. Während diese ihre normale Färbe, Durchsichtigkeit und Consistenz beibehalten hatte, zeigte jene ganz auffallend diejenigen Veränderungen, die als typisch für das Aussehen eines todtenstarren Muskels gelten. — Wenn also das Nervensystem die Säuerung, den Erregbarkeitsverlust, das Starrwerden des Muskels, kurz alles das beschleunigt, was unter den allgemeinen Begriff „Todtenstarre" gehört, was ist die Ursache für diese Beschleunigung? Ist dieselbe in dem eigenen Absterben des Centralnervensystems zu suchen oder nicht? — Auch darüber belehrten mich folgende Versuche: Zwei Frösche wurden gleichzeitig einseitig neurotomiert. Der eine, nennen wir ihn Frosch a, wurde durch Decapitation und Entblutung getödtet und überhaupt so behandelt, wie wenn es galt, den Einfluss des Nervensystems auf die postmortale Säuerung im Muskel festzustellen.

Frosch b wurde nicht getödtet, sondern es wurde ihm blos die Aorta an der Abgangsstelle der beiden Iliacae unterbunden. Diese, die Hinterextremitäten von der Blutzufuhr abschneidende Operation bewirkte ein allmähliches Absterben derselben, ohne jedoch die normale Ernährung

des Rückenmarks zu beeinträchtigen. Auf diese Weise wurde bei Frosch b ein Einfluss ausgeschaltet, der von dem Absterbeprocess des Rückenmarks seinen Ursprung hätte nehmen können. Zu gleicher Zeit wurden die Gastrocnemii der beiden Tiere durch die bekannte Lakmus-Kochsalzlösung extrahiert. Dabei zeigte sich, dass, wenn die Neurotomie links gemacht worden war, die beiden rechten Gastrocnemii einen ganz eminenten, die beiden linken aber gar keinen Farbenunterschied ihrer Extracte aufwiesen. Während der rechte Gastrocnemius von Frosch a so sauer war, dass er das normale Blau der Lakmusflüssigkeit in ein helles Rot verwandelte, war der rechte Gastrocnemius von Frosch b so wenig sauer, dass er die Farbe der Extractionsflüssigkeit kaum mehr veränderte als bis zu einer anderen Nuance des ursprünglichen Blau. Dass der rechte Gastrocnemius von Frosch a auch saurer war als der linke von a, leuchtet nach dem vorhin Gesagten ohne Weiteres als selbstverständlich ein. Dass aber auch das rechte Muskelextract von Frosch b saurer war, als das linke von b, erklärt sich aus der physiologischen, säureproducierenden Thätigkeit der unversehrten rechten Extremität, die das Tier b nach der Neurotomie der linken Extremität und Unterbindung der Aorta noch willkürlich bewegte. — Die Einstimmigkeit aller 8 nach dieser Richtung hin angestellten Parallelversuche (im Ganzen 16) lässt unzweideutig in dem eigenen Absterben der Ganglien die Ursache für den beschleunigenden Einfluss des Nervensystems auf die portmortale Säuerung im Muskel erkennen. —

Resumieren wir nun, zu welchen Schlussfolgerungen uns unsere Untersuchungen geführt haben, so sagen wir:

I. Das Centralnervensystem beeinflusst die Säuerung im Muskel nach dem Tode in der Art dass es die Entwicklung derselben beschleunigt.

II. Die Ursache für diesen beschleunigenden Einfluss ist zu suchen in inneren Vorgängen in den Rückenmarksganglien, die mit dem Absterbeprocess der Nervensubstanz zusammenhängen. —

Wenn ich an der Hand der Säurebestimmung erreicht habe, mir ein klares Urteil über den Einfluss des centralen Nervensystems auf die Todtenstarre zu bilden, so war ich weniger glücklich bei der Untersuchung, wie sich das periphere Nervensystem zu der postmortalen Säuerung im Muskel stellt:

30 derart an Fröschen angestellte Versuche, dass nach der Tödtung der nervus ischiadicus auf der einen Seite hoch oben auf seinem Verlaufe im Becken, auf der anderen Seite in der Kniekehle durchschnitten wurde, ergaben folgendes Resultat: In 18 Fällen war der Gastrocnemius, dessen Nerv bis an die Austrittsstelle aus dem Rückenmark erhalten war saurer, in allen anderen 12 Fällen war der Gastrocnemius, dessen Nerv in der Kniekehle abgetrennt war, saurer. In keinem Falle war kein Unterschied in der Farbe der beiderseitigen Extracte.

Ich bin weit entfernt davon, diesem Ergebnis eine Massgeblichkeit zu vindicieren, die für oder wider die Munk'sche Behauptung spräche, „dass der Muskel, wenn sein Nerv abgetrennt worden ist, später abstirbt, als wenn ein mehr oder weniger langes Stück des Nerven in natürlicher Verbindung mit ihm geblieben ist.“ Denn die Zahl der nach dieser Richtung hin angestellten Versuche

ist viel zu gering, als dass sie ein bestimmtes Urteil gestattet. Leider reichte meine Zeit und der Vorrat von geeigneten Fröschen nicht aus, um diese Frage weiter zu verfolgen. Vielleicht ist auch die Methode der Säurebestimmung hier nicht ausreichend. Ich behalte mir vor, sobald es meine Zeit erlaubt, mich dieser Frage des peripheren Nerveneinflusses auf die Todtenstarre wieder zuzuwenden, eventuell auf dieselbe noch einmal zurückzukommen. Nur so viel sei mir noch gestattet zu bemerken, dass höchst auffallend an dem Resultat meiner Versuche der Umstand ist, dass in keinem von allen 30 Fällen beide Muskelauszüge gleich sauer waren.

Ich bin am Schlusse meiner Ausführungen angelangt, die einen Beitrag liefern zur Physiologie der Todtenstarre oder, specieller gesagt, zum Capitel über den Zusammenhang zwischen dem Nysten'schen und Ritter-Valli'schen Gesetz. Indessen das Resultat, zu dem ich gekommen bin, hat noch eine andere, hat eine principielle Bedeutung. Insofern als ich den Nachweis geführt habe, dass das Nervensystem die postmortale Säuerung im Muskel beschleunigt, und zu der Verallgemeinerung berechtigt bin, dass unter dem Einfluss des centralen Nervensystems der postmortale Stoffwechsel des Muskels überhaupt eine Steigerung erfährt, ist ein neuer und directer Beweis für die Thatsache erbracht, die zuerst von Zuntz, Röhrig und Pflüger auf indirectem Wege erkannt und in richtiger Würdigung der Ursache als „chemischer Reflextonus der Muskeln" bezeichnet worden ist. Die genannten Forscher haben an der Hand der Kohlensäurebestimmung bei der Atmung gezeigt, dass der Stoffwechsel im lebenden, aber unthätigen Muskel ständig über die Grösse erhöht ist, die der Stoffwechsel in demjenigen Muskel hat, der von der

nervösen Verbindung mit dem Rückenmark z. B. durch Curare abgeschnitten ist. Dieser tonischen Erregung des Stoffwechsels durch die motorischen Nerven, — so zeigten sie weiter — welche innerhalb gewisser Grenzen schwankt und auf dem Wege des Reflexes durch beständige, von den fortwährenden Schwankungen der äusseren Temperatur ausgehende Reize auf die Hautnerven hervorgerufen wird, bedient sich der Organismus als eines vom Willen unabhängigen Mittels zur Regulation der Wärmeproduction. —

Wenn ich nun sage, dass wir durch das Resultat unserer Versuche einen neuen und directen Beweis für die Thatsache der Existenz eines chemischen Muskeltonus erbracht haben, so meine ich natürlich, dass die unter dem Einfluss des Nervensystems zu Stande kommende Steigerung des postmortalen Stoffwechsels im Muskel ein neuer Ausdruck für den chemischen Tonus der Muskeln ist, nur mit dem Unterschiede, dass der letztere durch eine Erregung des Centralnervensystems hervorgerufen wird, die hier nicht reflectorischer Natur ist wie beim Pflüger'schen Tonus, sondern mit dem Processe des eigenen Absterbens verbunden ist. —

Ich will an dieser Stelle noch der angenehmen Pflicht genügen, Herrn Geheimrat Heidenhain meinen tiefgefühltesten Dank auszusprechen für die freundliche Anregung zu der vorliegenden Arbeit und für die stete Bereitwilligkeit, mit der er mir seine Unterstützung durch Rat und That hat angedeihen lassen. —

Vita.

Verfasser, jüdischer Confession, wurde am 20. Februar 1863 zu Schroda in Posen geboren, erhielt seine Schulbildung auf dem Kgl. Friedrich-Wilhelms-Gymnasium zu Posen, welches er im Februar 1882 mit dem Zeugnis der Reife verliess, um sich in Breslau dem Studium der Medicin zu widmen. Hier wurde er am 2. Mai 1882 als Student der Medicin immatriculiert und absolvierte im Juni 1884 das Tentamen physicum. Während seines letzten Studiensemesters fungierte er als Unterassistent an der Kgl. medicinischen Universitätsklinik, beendete am 12. November 1887 sein Staatsexamen und machte am 23. Januar 1888 das Examen rigorosum. Er besuchte während seiner Studienzeit die Vorlesungen, Curse und Kliniken folgender Herren:

Berger †, Biermer, Born, F. Cohn, Fischer, Förster, Fränkel, Fritsch, Gierke†, Gottstein, Gscheidlern, Haeser†, Hasse, Heidenhain, Hirt, Löwig, Meyer, Neisser, Partsch, Ponfick, Richter, Röhmann, Strasser, Unverricht, Wernicke.

Allen diesen seinen hochverehrten Lehrern sagt Verfasser an dieser Stelle seinen ergebensten Dank.

Thesen.

I. Das Centralnervensystem beschleunigt durch die mit seinem Absterben einhergehende Erregung der von ihm ausgehenden Nerven den Eintritt der Muskelstarre.

II. Ein Arzt, der Erysipel und Diphtherie in Behandlung hat, darf keine geburtshülfliche Operation vornehmen.

III. Die subcutanen Calomelinjectionen sind die beste antisyphilitische Cur.